



Zastosowanie Lean Six Sigma w doskonaleniu procesów produkcyjnych w przemyśle wydobywczym

Paweł BOGACZ¹⁾, Marcin MIGZA²⁾

¹⁾ Dr inż.; AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland

²⁾ Mgr inż.; AGH University of Science and Technology, Kraków, Mickiewicza 30, 30-059, Poland

DOI: 10.29227/IM-2016-02-04

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano najpopularniejsze obecnie metody doskonalenia procesów produkcyjnych: Lean Management (Lean Production, Lean Manufacturing) i Six Sigma (6 Sigma, 6σ). Podano różnice i podobieństwa pomiędzy obiema metodami, a także opisano metodę Lean Six Sigma, będącą połączeniem najważniejszych zalet Lean Management i Six Sigma. Przedstawiono przypadki wdrożenia tej metody w przemyśle wydobywczym oraz przykładowe efekty finansowe. Branża górnicza jest miejscem, gdzie efekt synergii powstały z połączenia Lean i Six Sigma jest szczególnie wysoki.

Słowa kluczowe: doskonalenie procesów, Lean Management, Six Sigma, Lean mining, wdrożenie

Wprowadzenie

Polski przemysł wydobywczy przechodzi w ostatnich latach bardzo trudny okres. Szczególnie dotknięte kryzysem jest górnictwo węgla kamiennego, borykające się z niskimi cenami tego surowca na światowych rynkach, spadającymi często poniżej kosztów wydobycia. W światowym górnictwie coraz częściej poszukuje się rozwiązań organizacyjnych pozwalających na redukcję kosztów wydobycia i przeróbki kopalin. Rozwiązania te często importowane są z innych gałęzi przemysłu. Również obecna reorganizacja i restrukturyzacja polskiego górnictwa węgla kamiennego jako cele strategiczne musi uznać spadek kosztów wydobycia i zwiększenie elastyczności. Bez zmiany podejścia do zarządzania przedsiębiorstwami górniczymi będzie to niemożliwe. W artykule przedstawiono dwie najważniejsze obecnie metody doskonalenia procesów produkcyjnych: Lean Management (Lean Production, Lean Manufacturing) i Six Sigma, a także Lean Six Sigma, będącą połączeniem najważniejszych zalet obu metod. Podano również przykłady implementacji Lean Six Sigma w przedsiębiorstwach wydobywczym na świecie.

Metody doskonalenia procesów produkcyjnych

Od lat 70 XX wieku pojawiło się wiele koncepcji i strategii odnoszących się do poprawy poziomu jakości i produktywności. Większość z nich skupia się na podstawowych czynnikach konkurencyjności, takich jak: poziom jakości, koszty wytworzenia i terminowość dostaw. Jedne dotyczą wprowadzenia filozofii zarządzania przedsiębiorstwem opartej na jakości (Total Quality Management), inne skupiają się na kompleksowym

przeorganizowaniu procesów w przedsiębiorstwie (Business Process Reengineering, Just In Time), jeszcze inne na eliminacji marnotrawstwa w postaci działań nie dodających wartości (Lean Management) lub na redukcji zmienności w procesach mających wpływ na krytyczne właściwości wyrobu (Six Sigma). Na przełomie XX i XXI wieku zdecydowana większość, szczególnie polskich, przedsiębiorstw wybierała minimalną, choć z punktu widzenia konkurencyjności bardzo istotną drogę poprawy swoich działań, w postaci wdrażania systemów jakości zgodnych z wymaganiami i wytycznymi rodziny norm ISO serii 9000 [1].

Niestety samo wdrożenie Systemu Zarządzania Jakością opartego na normach ISO serii 9000 rzadko przekłada się na istotną redukcję kosztów czy wzrost produktywności. Dlatego w ostatnim dziesięcioleciu na znaczeniu zyskały metody wywodzące się głównie z przemysłu motoryzacyjnego, bardziej skupiające się na konkretnych technikach i narzędziach, niż na ogólnej filozofii działania. Poniżej scharakteryzowano najważniejsze obecnie metody, czyli: Lean Management i Six Sigma, a także Lean Six Sigma, powstałą z połączenia najważniejszych zalet obu metod.

Metoda Lean Management

Lean Management jest aktualnie jedną z najbardziej znanych i najszerzej stosowanych koncepcji zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym. Koncepcja ta nazywana jest również Lean Manufacturing lub Lean Production, a w skrócie koncepcją Lean [2]. „Lean Management” jest pojęciem najbardziej uniwersalnym, szczególnie w świetle licznych udanych wdrożeń tej metodologii w sektorze usługowym [3].

Lean wywodzi się bezpośrednio z branży Automotive. Od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku w zakładach produkcyjnych Toyoty tworzono, wdrażano i systematyzowano narzędzia, które wspólnie tworzyły TPS – Toyota Production System (System Produkcyjny Toyoty). System Toyoty polegał na odejściu od produkcji masowej, a główny nacisk kładł na minimalizowaniu wszelkich kosztów nie mających wpływu na końcową wartość produktu w oczach klienta. System ten po raz pierwszy został nazwany szczupłą produkcją („Lean production”) w 1988 roku przez Johna Krafcika – jednego z badaczy International Motor Vehicle Program. Pojęcie Lean Manufacturing zostało spopularyzowane przez Jamesa P. Womacka, Daniela T. Jonesa i Daniela Roosa. W 1991 roku opublikowali oni słynną pracę „The Machine That Changed the World” („Maszyna, która zmieniła świat”), w której wskazywali na Toyota Production System jako na pierwszy odchudzony system wytwórczy [4, 5].

Stosowanie Lean Management powinno prowadzić do sytuacji, w której właściwe elementy znajdują się we właściwym miejscu, o właściwym czasie. W szczególności należy skoncentrować się na ograniczaniu trzech głównych strat:

- Muda – odpadów produkcyjnych, przestojów, zbędnych ruchów i wszelkich rodzajów marnotrawstwa: czasu, zasobów czy też ogólnie działań, które nie stanowią dla klienta wartości,

- Muri – nadmiernego obciążenia pracowników, maszyn lub procesów, prowadzących do przemęczenia ludzi, częstego psucia się urządzeń i ich przestojów, itp.,

- Mura – niezgodności i nieregularności działań – takie zarządzanie przepływem wszystkich zasobów, aby zapewnić regularność, brak przestojów, stały przebieg poszczególnych operacji [4].

Wyróżnia się pięć fundamentalnych zasad Lean, które można odnieść zarówno do przedsiębiorstwa jako całości, jak też do pojedynczych procesów czy działań konkretnego pracownika:

- określ, które z czynności przynoszą wartość z punktu widzenia klienta,
- zidentyfikuj wszystkie czynności obecnie niezbędne do wytworzenia produktu wzdłuż całego łańcucha wartości; pozwoli to zidentyfikować kroki będące marnotrawstwem,
- stwórz nowy łańcuch wartości, wolny od marnotrawstwa w postaci przestojów, zakłóceń, powrotów itp.,
- rób to, czego wymaga klient,

- dąż do perfekcji, usuwając identyfikowane przyczyny marnotrawstwa [6, 7].

Lean kreuje taką kulturę pracy w organizacji, która sprawia, że wszyscy uczestnicy organizacji są zainteresowani ustawiczną obniżką kosztów, podnoszeniem poziomu jakości i skracaniem cyklu dostawy. Wszystko po to, by maksymalnie spełniać oczekiwania klientów i dostosowywać się płynnie do warunków otoczenia. Koncepcja ta kładzie nacisk na eliminację wszelkiego marnotrawstwa, czyli działań nie dodających wartości. Lean Management może być traktowana jako nowa filozofia zarządzania przedsiębiorstwem, nowa organizacja przedsiębiorstwa bądź jako system koncepcji i metod zarządzania [8].

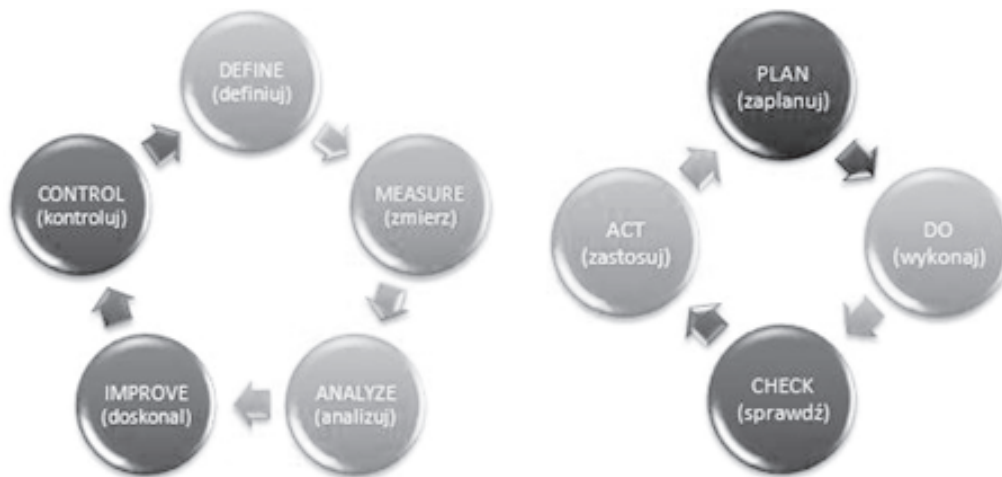
Najważniejszymi narzędziami Lean są m.in: PDCA, Jidoka, Just in Time, TPM - Total Productive Maintenance, Visual Management, 5S, Kaizen, Standaryzacja, SMED, Kanban i Heijunka .

Metoda Six Sigma

Pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku wzrost konkurencyjności tanich wyrobów japońskich na rynkach światowych zmusił firmy amerykańskie do poszukiwania sposobów podniesienia jakości swoich produktów przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Zjednoczone w swych wysiłkach firmy motoryzacyjne; General Motors, Ford i Chrysler zastosowały na szeroką skalę Statystyczną Kontrolę Procesu (SPC - Statistical Process Control), dającą im możliwość ciągłego monitorowania procesu w punktach krytycznych dla jakości i kosztów. Motorola zaś, wypierana z rynku przez tańsze i lepszej jakości produkty japońskie, skupiła w swych ośrodkach badawczych grupę wybitnych matematyków statystyków, specjalistów z zakresu projektowania oraz specjalistów zapewnienia jakości, którzy opracowali spójny system ciągłej poprawy jakości nazwany "Six Sigma Initiative". System ten dawał możliwość ciągłego obniżania kosztów własnych, poprzez redukcję kosztów złej jakości (COPQ – Cost of Poor Quality) Pozwoliło to Motoroli w przeciągu kilku lat na redukcję kosztów złej jakości z około 40% wartości sprzedanej do około 1% [9].

Zamiast koncentrowania się na produktach, metoda Six Sigma skupia swoją uwagę na zapewnieniu odpowiedniej jakości procesów (minimalizacji ich zmienności), tak, by wyeliminować błędy jeszcze przed ich wystąpieniem. W Six Sigma procesy są ważniejsze od produktu, stosuje się metody realizacji procesów wykluczające możliwość powstawania wad [10].

Harry i Schroeder, wykazują, iż Six Sigma jest to proces gospodarczy umożliwiający radykalną



Rys. 1. Algorytm DMAIC i koło PDCA Deminga [źródło: opracowanie własne]

Fig. 1. Algorithm DMAIC and PDCA Deming wheel [source: own work]

poprawę wyników finansowych przedsiębiorstwa dzięki planowaniu i kontrolowaniu przebiegu pracy w sposób, który pozwala zminimalizować zużycie surowców i powstanie odpadów, a jednocześnie prowadzi do większej satysfakcji klientów [11].

Trudno o jednoznaczną, pełną i uniwersalną definicję, gdyż Six Sigma bardzo silnie oddziałuje z kulturą organizacyjną przedsiębiorstwa i w każdej firmie przyjmuje inną, zindywidualizowaną formę. Jako receptę na sukces zaleca się wręcz stworzenie własnej „ścieżki 6 Sigma”, gdyż podjęte projekty, szkolenia, czy stworzona infrastruktura powinny być dostosowane do potrzeb i możliwości danej organizacji [12].

Mocną stroną koncepcji Six Sigma jest klarowny podział odpowiedzialności i obowiązków między pracownikami, szczegółowo określone wymagania stawiane kandydatom na dane stanowisko w strukturze organizacyjnej oraz rozbudowany system szkoleń [13].

Najważniejszym narzędziem Six Sigma jest algorytm doskonalenia DMAIC [11]:

- Define (zdefiniuj),
- Measure (zmiar),
- Analyze (analizuj),
- Improve (udoskonal),
- Control (kontroluj).

Metoda Six Sigma stała się kluczową w wielu dużych korporacjach, mając istotny wpływ na kulturę zarządzania. Po tę innowacyjną metodę z powodzeniem sięgają coraz to nowsze organizacje, przez co znajduje swoje zastosowanie w kolejnych branżach [14].

Metoda Lean Six Sigma

Tak jak USA i Japonię dzieli ocean, tak Lean oraz Six Sigma to dwa odrębne światy usprawnia-

nia procesów. Firmy posługujące się technikami Lean opierają swoje działania o Kaizen, czyli ciągłe doskonalenie, dzień po dniu, krok po kroku. W celu lepszej organizacji pracy wykorzystywane są, zaczerpnięte z doświadczeń Toyoty, takie sposoby jak: 5S, zarządzanie wizualne, Andon, Heijunka, TPM, SMED i PDCA. Six Sigma bierze swoją nazwę od wykorzystywanego w statystyce parametru odchylenia standardowego sigma. Wykorzystując metodologię Six Sigma, również doprowadzamy do wzrostu produktywności oraz redukcji kosztów przedsiębiorstwa, a celem jest zapewnienie klientom produktu zgodnego z ich oczekiwaniami, poprzez eliminację zmienności procesów [15]. Korzyści w Six Sigma osiągane są poprzez eliminację kosztów złej jakości. Stosowane są głównie twarde narzędzia analityczne i statystyczne, na czele z SPC, MSA i DOE. Doskonalenie w 6 Sigma opiera się na algorytmie DMAIC, ma charakter skokowy, jest bardziej efektywne, bardziej „amerykańskie”.

Pomimo takich różnic, Lean i Six Sigma mogą się uzupełniać [15].

Podobieństwa między metodami widać np. w algorytmach działania. DMAIC stosuje się w celu usprawnienia istniejących już procesów. Algorytm ten jest rozwinięciem i rozszerzeniem koła PDCA (Plan, Do, Check, Act) Deminga stosowanym m.in. w Lean Management [16]. Podobieństwo między algorytmami przedstawiono na rysunku 1.

Lean Six Sigma jest dwuetapowym podejściem biznesowym do ciągłego doskonalenia, skupionym na eliminacji marnotrawstwa i redukcji zmienności w procesach produkcyjnych i usługowych. Lean zakłada maksymalizację wartości dodanej dla klienta, przy jednoczesnym minima-

lizowaniu odpadów i przy mniejszym zużyciu zasobów. Six Sigma jest trwałym wysiłkiem o ciągłą redukcję zmienności poprzez zdefiniowane podejście procesowe. Łącznie te dwa podejścia prowadzą do ciągłego doskonalenia, budują filozofię będącą podstawą efektywnego systemu zarządzania w każdej organizacji, która chce się intensywnie rozwijać [17].

Lean i Six Sigma wzajemnie się uzupełniają. Lean napędza metodę Six Sigma zapewniając lepsze rezultaty, niż osiąga się przez Lean i Six Sigma osobno. Połączenie tych dwóch metod daje zespołowi doskonalącemu kompleksowy zestaw narzędzi, umożliwiający zwiększenie szybkości i skuteczności każdego procesu wewnątrz organizacji, powodując zwiększenie przychodów, zmniejszenie kosztów i poprawę współpracy [18].

Wykorzystanie Lean Six Sigma w przemyśle wydobywczym

Lean i Six Sigma wspólnie oferują zestaw narzędzi, który może być stosowany w górnictwie do poprawy wydajności, ale co ważniejsze, do przekształcenia biznesu, poprzez krzewienie kultury doskonałości wśród kadry, która rozumie czym jest wartość dodana i jest zdolna do jej oszacowania. Lean jest sposobem myślenia, filozofią koncentrującą się na człowieku, której głównym celem jest doskonalenie ludzi, którzy w rezultacie będą mieli fantastyczne efekty w doskonaleniu procesów. Six Sigma dostarcza metod naukowych do zarządzania i stabilizuje procesy. W tym miejscu warto zauważyć, że nie powinno się być zbyt skoncentrowanym na żadnej z tych metod, gdyż oznacza to szybką porażkę. Celem nie jest metoda sama w sobie, ale wyniki które staramy się uzyskać. Co ważniejsze, skuteczne wdrożenie tych metod doskonalenia jest w dużej mierze zależne od wykwalifikowanych mediatorów, którzy znają branżę górnictwą i są w stanie szybko dostosować się do trudnych warunków tej działalności. Nie zastąpi doświadczonych specjalistów, którzy rozumieją znaczenie ciągłego doskonalenia działalności i rozwoju pracowników. Są oni niezbędni do zobaczenia systemu jako całości i prawidłowego używania danych w procesach decyzyjnych [19].

Kilka przedsiębiorstw górniczych podjęło próbę zastosowania Lean. Alcoa była prawdopodobnie pierwszą firmą surowcową, która wdrożyła Toyota Production System i rozwinęła jego własną wersję, nazwaną Alcoa Business System (ABS) [20].

Według IQPC (International Quality and Productivity Centre) odkład połączenie dwóch strate-

gii doskonalenia działalności - Lean i Six Sigma zaczęło przenikać do Australijskiego przemysłu górnictwa, uzyskano silne dowody, że zostało osiągnięte ogólne udoskonalenie procesów, czego wynikiem jest wyższy zwrot z inwestycji [19].

Klippel, Petter i Antunes w 2008 roku informowali o dwóch przypadkach zastosowania mapowania procesu górnictwa w oparciu o koncepcję Lean. Zastosowano mapowanie strumienia wartości w celu zaklasyfikowania czynności jako dodające, lub niedodające wartości (potrzebne i niepotrzebne). Zostały podjęte konkretne działania w celu eliminacji czynności nie dodających wartości i w celu minimalizacji marnotrawstwa, co zaowocowało znacznymi korzyściami w postaci zwiększenia produktywności, redukcji kosztów i poprawy bezpieczeństwa w miejscu pracy [19, 21].

Grupa Rio Tinto rozpoczęła wdrażanie Lean w górnictwie rud aluminium w 2004 roku jako uzupełnienie programu doskonalenia Six Sigma. Następnie rozszerzono projekt o górnictwo miedzi, węgla i rudy żelaza, głównie w Australii. Dunstan, Lavin oraz Sanford bazując na rozumieniu Lean z perspektywy Rio Tinto ("nieustanne usuwanie marnotrawstwa"), zaproponowali, że w praktyce Lean polega na [22]:

- angażowaniu liderów komórek,
- prośeniu pracowników o respektowanie uzgodnionych norm dotyczących ich pracy,
- umożliwieniu pracownikom pisania własnych standardów i poprawiania ich,
- wizualnej prezentacji kluczowych danych dotyczących wydajności produkcji (zarządzanie wizualne),
- umożliwieniu pracownikom najniższego szczebla podejmowania decyzji operacyjnych w oparciu o dane,
- organizowaniu pracowników operacyjnych i pracowników utrzymania ruchu w zespoły produkcyjne,
- stosowaniu pakietu narzędzi usprawniających działalność.

Grupa Rio Tinto nazwała swój Lean Six Sigma program "IPT" (Improving Performance Together) i obecnie stosuje go we wszystkich swoich jednostkach biznesowych [23].

Rio Tinto Alcan używa narzędzi Six Sigma i Lean Manufacturing do usprawnienia procesów i wzrostu wydajności. W samym tylko 2008 roku oszczędności ze stosowania Lean Management i Six Sigma w Rio Tinto Alcan wyniosły ponad 28 mln \$ [24].

BHP Billiton ma podobny program o nazwie Business Excellence. Kilka zakładów tej grupy, działających na piaskach roponośnych w Kanadzie zaczęło stosować zasady i metody Six Sigma w celu ograniczenia wad i marnotrawstwa w operacjach produkcyjnych procesu tworzenia materiałów bitumicznych [19].

Quadra FNX Mining (obecnie KGHM International) posiadał własny program, nazwany "Raising the Bar" ("podnoszenie poprzeczki"). Program opierał się na odpowiednim zastosowaniu narzędzi Lean Six Sigma, rozpoczynając od mapowania strumienia wartości dla całego procesu, które określa punkt odniesienia dla wydajności przy użyciu standardowych definicji i wskaźników KPI (Key Performance Indicators - Kluczowe wskaźniki efektywności). Ta intensywna, grupowa aktywność służy zebraniu kadry z różnych działów i umożliwia prowadzenie znaczących rozmów na temat procesu tworzenia wartości, identyfikacji marnotrawstwa i czynności nie dodających wartości. Niewątpliwie, pierwsze zetknięcie z VSM otwiera oczy większości uczestników. W niektórych przypadkach jest to pierwsza szansa na zobaczenie całego procesu i zrozumienie swojej roli w nim. Zaczynają rozumieć wartość, jako coś definiowanego przez klienta i zadawać pytania, które nie dotyczą już tylko codziennych kwestii operacyjnych [19].

Kopalnia diamentów Diavik również koncentrowała zasoby na systemie doskonalenia działalności Lean 6 Sigma. Metoda ta w Diavik miała na celu poprawę efektywności działalności poprzez usunięcie dublujących się lub zbędnych czynności i automatyzację procesów na tyle, na ile to tylko możliwe. Skupiano się na ponownym, dogłębnym przemyśleniu procesów i zdefiniowaniu, jak można je wykonywać w sposób, który jest lepszy, szybszy i tańszy [25].

Wszystkie wydziały w kopalni diamentów Diavik zostały zobligowane do znalezienia sposobów na obniżenie kosztów. Aby nie naruszać bezpiecznej równowagi, wszystkie oszczędności muszą być bezpieczne. Automatyzacja procesów podziemnych i inicjatywa Lean 6 Sigma są przykładami zrównoważonej działalności. Sukcesem było to, że pomysły zmniejszające kosztochłonność były generowane przez pracowników i podwykonawców na wszystkich szczeblach or-

ganizacji. Całkowite oszczędności za pierwsze półrocze 2013 roku wyniosły 6 milionów dolarów. Plan na drugie półrocze 2013 zakładał dodatkowe oszczędności w wysokości około 4 milionów dolarów, wygenerowanych z 28 projektów Lean 6 Sigma w toku [25].

Wnioski

Istnieje wiele różnic pomiędzy branżą Automotive, skąd wywodzi się Lean, a górnictwem, co zmusza wdrożeniowców do indywidualnego podejścia w każdym przypadku. Przykłady udanych wdrożeń Lean w górnictwie pokazują, że jest to prawidłowa ścieżka rozwoju [26].

Lean skupia się na codziennych drobnych usprawnieniach, Six Sigma natomiast na dużych, często wielomiesięcznych projektach optymalizacyjnych, które przynoszą skokowy wzrost wydajności, poprawę jakości i redukcję kosztów.

Six Sigma, pomimo przykładania najwyższej wagi do twardych narzędzi statystycznych i analitycznych, często sięgała w projektach po narzędzia Lean Management. Sam Lean natomiast nieco gorzej radzi sobie z wysoko zautomatyzowanymi procesami i organizacjami, w których przeważają koszty stałe. Połączenie obu koncepcji tworzy efekt synergii.

Ten efekt może być szczególnie wysoki w przemyśle wydobywczym. Z jednej strony istnieje struktura produkcyjna ulegająca ciągłym przekształceniom, często występuje dublowanie się funkcji czy procesów, istnieje tradycyjna kultura pracy, nie angażująca pracowników w doskonalenie organizacji. Jest to typowe pole działania dla Lean Management. Z drugiej strony występują tu wysoko zautomatyzowane procesy i wysokie koszty stałe, co jest idealnym obszarem pracy dla Six Sigma.

Przedsiębiorstwa górnicze dostosowują Lean Six Sigma do swoich potrzeb, często używając dla swojego programu indywidualnej nazwy. Zaprezentowane przykłady dowodzą, że implementacja tej metody w górnictwie jest możliwa i że może przynieść wysokie, wymierne korzyści.

Publikację wykonano na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w 2016 roku w ramach badań statutowych, umowa nr: 11.11.100.693, zadanie 5.

Literatura – References

1. Jednoróg A., Olejnik M., Torczewski K., Wykorzystanie metod i technik zarządzania jakością w polskich przedsiębiorstwach, [w]: Six Sigma Międzynarodowa Konferencja, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2004, str. 41-42.
2. Walentynowicz P., Zakres zastosowania Lean Management w przedsiębiorstwach produkcyjnych - wyniki badań empirycznych, [w]: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, red. Knosala R. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2013, s. 407-418.
3. Migza M., Bogacz P., Możliwość wykorzystania narzędzi Lean Management w przedsiębiorstwach sektora górnictwa podziemnego w Polsce, Przegląd Górniczy, 2015 t. 71, nr 8, s. 58-61.
4. Wolniak R., Metody i narzędzia Lean Production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle, [w]: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, red. Knosala R. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Opole, 2013, s. 524-534.
5. Womack J.P., Jones D.T., Roos D., Maszyna, która zmieniła świat, ProdPress.com, Wrocław, 2008.
6. Hines P., Kierunek – organizacja LEAN, Tłum. Czerska J., Wydawnictwo LeanQ Centrum, Gdańsk, 2003.
7. Janiszewski J. M., Siemieniuk K., Lean Management jako koncepcja wspomagająca zarządzanie innowacjami w przedsiębiorstwie, [w]: Makro- i mikroekonomiczne zagadnienia gospodarowania, finansowania, zarządzania, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2012, s. 49-64.
8. Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S., Metody i narzędzia Lean Manufacturing. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
9. Popławski W., Filozofia Six Sigma jako sposób na poprawę efektywności przedsiębiorstwa, Dokument elektroniczny: www.polishsixsigmaacademy.pl/files/FilozofiaSixSigma.doc z dnia 8.08.2016.
10. Czarski A., Six Sigma – algorytm doskonalenia D-M-A-I-C, [w]: Praktyczne aspekty jakości i produktywności, TQM-SOFT s.c., Kraków, 2005.
11. Harry M., Schroeder R., Six Sigma wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2005.
12. Torczewski K., Six Sigma – czym jest i co może przynieść Twojej organizacji?, [w]: Six Sigma Międzynarodowa Konferencja, Wrocławskie Centrum Transferu Technologii, Wrocław, 2004, s. 5.
13. Bogacz P., Migza M., Zarządzanie jakością wedle metodologii Six Sigma, [w]: Nowe tendencje w zarządzaniu, T. 2, red. Pawlak M., Wydawnictwo KUL, Lublin, 2011.
14. Siedlecka D., Six Sigma jako metoda wspomagania procesów biznesowych, [w]: Innowacyjne Rozwiązania Biznesowe VI, Red. Popović., Błaszczuk M., Wydawca: Studenckie Koło Naukowe Technologii Internetowych i Multimedialnych „IM-Tech”, Łódź, 2013, s. 95-102.
15. Bednarz K., Czym się różni Lean i Six Sigma?, Dokument elektroniczny: <http://www.leancenter.pl/bazawiedzy/lean-i-six-sigma-roznice> z dnia 10.08.2016.
16. Chrapoński J., SPC. Podstawy statystycznego sterowania procesami, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego w Polsce, Katowice, 2010.
17. BSI Group, Lean Six Sigma. A guide to business improvement and certification, Dokument elektroniczny: <https://www.bsigroup.com/Documents/lean-six-sigma/resources/training/ISO-13053-Six-Sigma-BSI-Training-Sales-Brochure.pdf> z dnia 8.08.2016

18. Go Lean Six Sigma, The Basics of Lean Six Sigma, Dokument elektroniczny: <https://goleansix-sigma.com/lean-and-six-sigma-resources/> z dnia 5.08.2016.
19. Mottola L., Scoble M., Lipsett G., Machine Monitoring and Automation as Enablers of Lean Mining, Second International Future Mining Conference, NSW, 22 - 23 NOVEMBER 201, Sydney, 2011.
20. Turnbull G., K., The Alcoa Business System: Pathway to Performance, Alcoa Inc., Pittsburgh, 2003.
21. Klippel A., Petter C., Antunes J., 2008. Lean management implementation in mining industries, [w]: Proceedings Dyna Conference 2008, Universidad Nacional de Colombia, 2008, s. 81-89.
22. Dunstan K., Lavin B., Sanford R., The application of lean manufacturing in a mining environment, [w]: Proceedings International Mine Management Conference, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 2006, s. 145-157.
23. Rio Tinto, Annual report 2010, Dokument elektroniczny: <http://www.riotinto.com/annualreport2010/> z dnia 8.08.2016.
24. Rio Tinto Alcan Yarwun, Boyne Smelters Limited, Gladstone Sustainable Development Report 2008; Our people, our operations, our community.
25. Diavik Diamond Mines, Rio Tinto; Diavik Dialogue Newsletter, Volume 16, 2nd quarter 2013, Yellowknife, 2013, Dokument elektroniczny: <http://extranet.diavik.com/Portals/0/Media/Temp/2013-09-12%20Dialogue.pdf> dostęp z dnia 10.08.2016.
26. Migza M., Bogacz P., Lean Thinking in Mining Industry, [w:] Problemy nedropol'zovaniâ: meždunarodnyj forum-konkurs molodyh učenyh: 22–24 aprelâ 2015 g.: sbornik naučnyh trudov, Č. 1, Nacional'nyj Mineral'no-Syr'evoj Universitet «Gornyj», Sankt-Peterburg, 2015, s. 214.

Application of Lean Six Sigma in Production Processes Improvement in Extractive Industry

The article characterizes currently most popular methods for improving production processes: Lean Management (Lean Production, Lean Manufacturing) and Six Sigma (6 Sigma, 6σ). It also presents the differences and similarities between the two methods. Subsequently paper describes Lean Six Sigma method, which is a combination of the most important advantages of Lean Management and Six Sigma. The implementation of this method in the mining industry and examples of financial results are reported. Mining industry is the area where the synergy effect created from the combination of Lean and Six Sigma is particularly high.

Keywords: process improvement , Lean Management, Six Sigma, Lean mining, implementation